

PAT-NO: JP402123979A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02123979 A

TITLE: STARTING OF VARIABLE  
RELUCTANCE TYPE AC SERVOMOTOR AND  
DEVICE THEREFOR

PUBN-DATE: May 11, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAWADA, SHIGEKI

OKU, HIDEAKI

NAKAMURA, TAKESHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

FANUC LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP63274603

APPL-DATE: November 1, 1988

INT-CL (IPC): H02P001/26

US-CL-CURRENT: 318/254

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To enable a motor to be smoothly started by finding the phases of a salient pole rotor confronted with respective phase stator poles, from an inductance value working between the salient pole rotor under stopping and the respective phase stator poles confronted with the rotor, and by determining the order of exciting a stator for starting the rotation of the rotor, according to the rotor phases.

**CONSTITUTION:** Transistors

Tr<SB>1</SB>-Tr<SB>6</SB> in the exciting winding

16 circuit of the respective phase of a stator 12 are turned ON in order for a fixed slight time, and voltage pulses are applied to respective phase windings

16a-16d and the like, and the values of current flowing to the respective phase windings 16a-16d are detected by current detectors 20a-20c. After that, arithmetic is performed on relations between respective phase peak current values and respective phase inductances, by an arithmetic section 32, and an inductance value is computed. Then, by the computed inductance value, the stopping phase angle of a rotor 14 is detected, and an exciting order on the stator 12 at the starting of a motor 10 is determined by a main control section 30. As a result, the motor 10 can be smoothly started.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-123979

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)5月11日

H 02 P 1/26

7052-5H

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑮ 発明の名称 可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法と装置

⑯ 特 願 昭63-274603

⑰ 出 願 昭63(1988)11月1日

⑱ 発 明 者 河 田 茂 樹 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック  
株式会社基礎技術研究所内

⑱ 発 明 者 奥 秀 明 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック  
株式会社基礎技術研究所内

⑱ 発 明 者 中 村 毅 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック  
株式会社基礎技術研究所内

⑲ 出 願 人 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

⑳ 代 理 人 弁理士 青 木 朗 外 4 名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

可変リラクタンス型ACサーボモータ  
の起動方法と装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 非永久磁石型の突極ロータを固定子磁極の内側に空隙を介して回転可能に設け、交流電源からの励磁電流を交直変換して固定子の複数相捲線に順次に励磁して、前記突極ロータを磁氣的吸引力により回転させる可変リラクタンス型ACサーボモータの初期起動方法において、前記突極ロータの停止時に前記固定子の各相捲線に順次にパルス電圧を微小時間印加し、各相固定子捲線の電流ピーク値を検出すると共に該検出電流ピーク値を記憶手段に記憶し、これらの記憶された電流ピーク値から前記停止中の突極ロータとそれに対向した各相固定子磁極との間に作用するインダクタンスを求め、少なくとも2つの相の固定子磁極のインダクタンス値から、前記各相固定子磁極に対する突極ロータの位相を求め、該求めたロータ位相

に従ってロータ回転起動用の固定子励磁順序を決定することを特徴とした可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法。

2. 前記固定子の少なくとも2つの相の固定子磁極に対する突極ロータの位相検出は、予め前記突極ロータと2相の固定子磁極との間のインダクタンス値と、突極ロータの位相角との間の対応テーブルを作成して記憶手段に登録し、該登録されたテーブルから現在の突極ロータ位相を求めるようにすることを特徴とした特許請求の範囲1. 項に記載の可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法。

3. 前記固定子の少なくとも2つの相の固定子磁極に対する突極ロータの位相検出は、前記突極ロータと2相の固定子磁極との間のインダクタンス値から所定の演算式に従って演算検出することにより現在の該突極ロータの位相を求めるようにすることを特徴とした特許請求の範囲1. 項に記載の可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法。

4. 非永久磁石型の突極ロータを固定子磁極の内側に空隙を介して回転可能に設け、交流電源からの励磁電流を交直変換して固定子の複数相捲線を順次に励磁して前記突極ロータを磁氣的吸引力により回転させる可変リラクタンس型ACサーボモータの初期起動装置において、前記固定子の各相励磁捲線回路に介挿されたスイッチ手段を前記突極ロータの停止時に順次にかつ瞬時的にオンさせて該励磁捲線に直流電圧を瞬時的に印加させるスイッチング制御手段と、前記各相の固定子励磁捲線における前記直流電圧に応じた電流値を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段の検出した各相励磁捲線の電流値のピーク値を検知、記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶した電流ピーク値に対応した各相固定子磁極におけるインダクタンス値を演算すると共に演算結果から前記突極ロータの前記各相固定子磁極に対する位相を求める演算手段とを具備して構成され、前記演算手段により求めた前記突極ロータ位相に応じて固定子励磁順序を決定し、前記スイッチ手段のオン順

ンコードから2相(例えば、A相とB相)のインクレメンタル回転信号と1回転信号を発生することにより、回転速度と位置の情報をサーボ系にフィードバックすることにより回転制御を行うと共に同エンコードから突極ロータの各極が固定子の磁極に対して現在どのような機械的位相関係にあるかを指示するロータの絶対位相信号を発生させて、このロータ位相信号に基づいて停止した突極ロータの起動時の励磁電流供給順序を判別して起動を行うか、又はステータ側に配置した位置センサーによりロータの絶対位置を検出して起動を行っていた。

#### 〔発明が解決すべき課題〕

然しながら、突極ロータの絶対位相信号をエンコードから得る構成にすると、エンコードはロータ絶対位置のパターンを記録したディスクとその光学的検出系を具備する必要がある、回転速度、1回転信号等の通常の回転検出信号に加えて斯かるロータ絶対位相信号を送出する構成は複雑化と

序を制御して所望方向の回転起動を行うようにしたことを特徴とした可変リラクタンس型ACサーボモータの起動装置。

#### 3. 発明の詳細な説明

##### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、非永久磁石型突極ロータを備えた可変リラクタンス型ACサーボモータに関し、特にその起動方法と装置とに関するものである。

##### 〔従来の技術〕

可変リラクタンス型ACサーボモータは、鉄板材を成層化して突極構造に形成したロータを回転要素として固定子の内側に回転可能にモータ軸で保持し、上記固定子の励磁捲線に励磁電流を供給して固定子磁極を形成することにより、リラクタンسが小となる対向位置へ突極ロータを順次に吸引するようにして該突極ロータを回転駆動するものである。このとき、可変リラクタンスACサーボモータにおいては、モータ出力軸に結合したエ

高コスト化の原因となり、可変リラクタンス型ACサーボモータの低価格性の特徴を減殺してしまう不都合があった。つまり、可変リラクタンス型ACサーボモータの低価格性を維持することができると共に突極ロータの回転起動を容易に生起することのできる起動方法と装置とが要請されている。

依って、本発明の目的は、このような要請に応えるべく、エンコードによるロータ絶対位相検出を回避した新規な起動方法と装置とを提供せんとするものである。

##### 〔解決手段〕

本発明によれば、非永久磁石型の突極ロータを固定子磁極の内側に空隙を介して回転可能に設け、交流電源からの励磁電流を交直変換して固定子の複数相捲線を順次に励磁して、前記突極ロータを磁氣的吸引力により回転させる可変リラクタンス型ACサーボモータの初期起動方法において、前記突極ロータの停止時に前記固定子の各相捲線に

順次にパルス電圧を微小時間印加し、各相固定子巻線の電流ピーク値を検出すると共に該検出電流ピーク値を記憶手段に記憶し、これらの記憶された電流ピーク値から前記停止中の突極ロータとそれに対向した各相固定子磁極との間に作用するインダクタンスを求め、少なくとも2つの相の固定子磁極のインダクタンス値から、前記各相固定子磁極に対する突極ロータの位相を求め、該求めたロータ位相に従ってロータ回転起動用の固定子励磁順序を決定することを特徴とした可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法を提供するものである。また、本発明によれば、非永久磁石型の突極ロータを固定子磁極の内側に空隙を介して回転可能に設け、交流電源からの励磁電流を交直変換して固定子の複数相巻線を順次に励磁して前記突極ロータを磁氣的吸引力により回転させる可変リラクタンス型ACサーボモータの初期起動装置において、前記固定子の各相励磁巻線回路に介挿されたスイッチ手段を前記突極ロータの静止時に順次にかつ瞬時的にオンさせて該励磁巻線に直

流電圧を瞬時的に印加させるスイッチング制御手段と、前記各相の固定子励磁巻線における前記直流電圧に応じた電流値を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段の検出した各相励磁巻線の電流値のピーク値を検知、記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶した電流ピーク値に対応した各相固定子磁極におけるインダクタンス値を演算すると共に演算結果から前記突極ロータの前記各相固定子磁極に対する位相を求める演算手段とを具備して構成され、前記演算手段により求めた前記突極ロータ位相に応じて固定子励磁順序を決定し、前記スイッチ手段のオン順序を制御して所望方向の回転を起動するようにした可変リラクタンス型ACサーボモータの起動装置を提供するものである。

上述の起動方法と装置とに依れば、突極ロータの停止時の位相検出用に殊更、絶対位相エンコーダ装置を設ける必要がなく、モータ回路手段において、初期停止時の突極ロータの位相決定を遂行し得るから可変リラクタンス型ACサーボモータ

の低価格性を維持したまま、容易な回転起動方法と装置とが得られる。以下、本発明を添付図面に示す実施例に基づいて、更に詳細に説明する。

#### 〔実施例〕

第1図は、本発明に係る可変リラクタンス型ACサーボモータの回転駆動と本発明に係る起動方法の実施に用いられる主回路の回路図、第2図は同可変リラクタンス型ACモータにおける固定子鉄心と、その内側に微小空隙を介して設けられる突極ロータとの機械的配置関係を示した略示断面図である。

先ず、第2図を参照すると、本発明の1実施例に係る可変リラクタンス型ACサーボモータ10は、固定子12とその内側に設けられたロータ14とを具備し、前者の固定子12が有する6つの固定子磁極部12a～12fに対して微小な空隙を介して後者のロータ14は図示されていないモータ軸上に取付けられて回転軸受により保持され、回転可能に構成されている。回転ロータ14は、

非永久磁石型であることから、鉄板材の成層構造体として形成され、4つの突極部14a～14dを有した8極ロータとして形成されている。

他方、固定子12には各磁極部12a～12fを囲繞して励磁巻線16が設けられ、本実施例ではA相、B相、C相の相互に位相がずれた異なる3相の励磁電流がこれらの励磁巻線の流れ、上記固定子磁極部12a～12fを順次に磁化することにより、固定子磁極を形成するように構成され、固定子12の中心を通る直径方向に対向する固定子磁極部、例えば、固定子磁極部12aと12dとは同極を形成するように成っている。この非永久磁石型突極ロータ14を有したサーボモータ10の回転作動原理は周知であり、上述のように固定子磁極部12a～12f(12a:12d、12b:12e、12c:12fの3組)が交互に励磁々化されて磁極を形成すると、固定子側から前記空隙を介してロータ側に貫通する磁束流が形成され、依って、固定子12とロータ14間に磁氣吸引力の作用による回転トルクを生じてロー

タ14は回転するのである。第2図に図示の状態では固定子磁極部12a、12dの対に対してはロータ14の1対の突極14a、14cが正対しており、このような正対した状態にない固定子磁極部12b、12e又は12c、12fを励磁磁化すれば、ロータ14の突極14b、14dが正対位置に向けて回転するものである。第3図は第2図における固定子磁極部12a～12fとロータ突極14a～14dの対向関係を明瞭にするため、一部を展開図示したものであり、固定子磁極部12bと12cに対してはロータ磁極14bが位相のずれた状態で対向している様子が示されている。故に、固定子側における右側の磁極部12c又は左側磁極部12bを励磁すれば、対応してロータ14側は、第3図の状態から矢印CW方向又はCCW方向へ回転移動することになる。そして、このように順次に励磁順序を変えれば、ロータ14は連続回転を行う。

ここで、第2図に図示のような構成を有した可変リラクタンス型ACサーボモータ10を駆動系

ことができるが、それでは、既述の如く低価格モータを意図する可変リラクタンス型ACサーボの意図に反することになる。故に、本発明は、絶対位相エンコード装置を利用することなく、初期起動時の励磁位相順序を決定する方法と装置の構成を実現したものである。

ここで、第1図の図示の回路を参照すると、同回路において、コンデンサCは、3相交流電源からの交流入力を変換する順変換回路に設けられた直流出力取り出し用のコンデンサであり、後段のモータ駆動回路に対してDCリンク部を成すコンデンサである。このコンデンサCからの直流出力は、前述の固定子励磁捲線16におけるA相、B相、C相の捲線16aと16d、16bと16e、16cと16fを夫々それぞれ励磁する周知のPWM出力波に変換するインバート回路を形成するトランジスタ $T_{r1} \sim T_{r6}$ 及びダイオード $D_1 \sim D_6$ とを具備したモータ駆動回路18へパルス波として供給される。即ち、トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r6}$ のオン・オフ順序を外部のインバ

において用いる際には、更に、回転要素を形成するロータ14の回転軸に直結、又は適宜に連結されたエンコード装置（図示なし）を設け、このエンコード装置において一定回転毎にインクレメンタル信号が発せられ、また、ロータ14の1回転毎に1回転信号が発せられて、これらの信号を用いてモータ制御が行われる構成になっている。

然るに、このサーボモータ10においては、ロータ14が停止状態にあるとき、ロータ回転を起動するには、例えば、第2図における固定子磁極部12a、12dとロータ突極14a、14cが正対状態で停止しているとき、同固定子磁極部12a、12dを励磁々化しても、磁気吸引力による回転トルクは発生しない。従って、ロータ14の回転を起動せしめ得るような固定子磁極部を見つけて励磁することが必要になる。その場合、上記絶対位相エンコード装置により、ロータ14の突極14a～14dが固定子磁極12a～12fに対してどのような対向位置ないし位相にあるかを検出すれば、モータ起動時の励磁順序を見出す

ータ制御回路22から選択制御し、上記トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r6}$ のオン・オフに応じて、上記DCリンク部からの直流電圧がパルス波形として印加され、対応した固定子12の捲線16a～16fに励磁電流が流れる。上記各相の固定子捲線16a～16fは夫々直流抵抗成分とインダクタンス成分とを有した回路素子であることは周知の通りである。

次に、上記モータ駆動回路18を含む主回路を用いて実行される本発明の可変リラクタンス型ACサーボモータの起動方法と装置に就いて、以下に説明する。

即ち、本発明のモータ起動方法を実施するために、上記モータ駆動回路18には更に、各相の励磁捲線に直列に電流検出器20a～20cが夫々接続され、各相を流れる駆動電流値の検出が可能に構成されている。これらの電流検出器20a～20cの検出電流値は、A/D変換器24を介してモータ駆動システムの主制御部30内にある記憶手段28に記憶される。主制御部30は、更に

マイクロコンピュータから成る演算手段32を有しており、モータ起動のための固定子12に対するロータ14の突極部14a~14dの位相状態がどのような状態で停止しているかの決定の演算が行われる。以下に、モータ起動方法を詳述する。

先ず、第1図に示す主回路において、ロータ14の停止中に起動のためのロータ位相の決定を行うときには、主制御部から起動指令信号を発する。この起動指令信号は、既述のインバータ制御回路22を介して固定子12の各相の励磁捲線回路におけるトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ 、 $T_{r3}$ 、 $T_{r4}$ 、 $T_{r5}$ 、 $T_{r6}$ の各組を一定の瞬間的な微小時間 $T_i$ に渡って順番にオン状態とし、該オン状態により、電圧パルス $V$ を各相捲線16a~16d等に印加する。この結果、各相捲線に流れる電流の電流値を電流検出器20a~20cで検出する。電流検出器20a~20cで検出された電流値は、第3図に示す固定子12、ロータ14の位相関係の下では、第4図に図示のような電流曲線を呈する。即ち、ロータ14の突極14a~

14dと固定子12側の磁極部12a~12fとの対向状態に応じて、各固定子磁極部においては、電磁氣的にインダクタンスが異なり、従って、固定子各相の電流が異なるのである。このときに、電流検出器20a~20cによる検出電流をA/D変換器24を介してディジタル化し、そのデータを記憶手段28に記憶する。次いで、記憶されたデータのうち、各相ピーク電流値と各相のインダクタンスとの関係を、一定演算式[例えば、A相では、 $L_a = (V / i_{ap}) \times t_i$ 、 $L_a$ : A相のインダクタンス、 $V$ : 電圧パルス、 $i_{ap}$ : A相ピーク電流値、 $t_i$ : ピーク電流 $i_{ap}$ に達した時間。]に従って、演算部32により演算すれば、インダクタンス値が算出できる。勿論、B相、C相に就いても上記演算式と同じ式が適用される。

ここで、ロータ14の1回転における位相角(電気角)を横軸にとり、また、対向する固定子各相(A相、B相、C相)における励磁捲線16(16a~16f)のインダクタンス値を縦軸に取って示すと第5図に図示の3つの位相が相互に

電気角120度づつずれた擬似正弦曲線を呈する。故に、上述に演算手段32で算出したインダクタンス値における何れか2つの相における値を第5図の曲線に上記演算手段32によって当てはめれば、ロータ14がどのような位相角(電気角)で停止状態にあるかを検出することができる。このとき、何れか2つの固定子相とロータ14の位相電気角との関係を予め、例えば、第6図に示すようにテーブルとして記憶部28に記憶させておけば、該テーブルからロータ14の位相角を見出すこともできる。

斯くして、検出したロータ14の位相角に基づき、また、所望の回転方向が正又は逆の何れかの方向であるかに応じてモータ起動時の固定子12における励磁順序を主制御部30で決定し、この決定した励磁順序に基づく起動信号をインバータ制御回路22(第1図)に送出すれば、モータを起動させ得るのである。

なお、上述の説明においては、一定微小時間のパルス電圧による各相捲線における電流値を検出

し、この検出値のピーク値を求めてから、更に演算式に従って演算することにより、各相インダクタンスを求めたが、予め、ピーク電流値とインダクタンスとの関係をテーブル化して記憶部28に記憶させておき、該テーブルからインダクタンス値を求めるようにしても良い。

上述のようにして可変リラクタンス型ACサーボモータの停止状態からの起動を行えば、エンコーダ装置から突極型ロータの停止時における位相状態を絶対的に検出する高価な方法によることなく、既存の回路手段を駆使して、起動時における固定子励磁順序を決定し、円滑にモータを起動することができる。

#### 〔発明の効果〕

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、モータのコスト低減効果の著しい可変リラクタンス型ACサーボモータにおける当該安価性を維持しつつ、なお、高価なエンコーダ装置に起動のための機能を保有させることなく、既存の回路



手段を利用して、容易に停止状態からの起動を遂行することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は第1図は、本発明に係る可変リラクタンス型ACサーボモータの回転駆動と本発明に係る起動方法の実施に用いられる主回路の回路図、第2図は同可変リラクタンス型ACモータにおける固定子鉄心と、その内側に微小空隙を介して設けられる突極ロータとの機械的配置関係を示した略示断面図、第3図は固定子磁極とロータ突極との対向位置関係の一部を展開図示した略示図、第4図は、本発明により微小時間幅に渡りパルス電圧を固定子捲線に印加したときの電流変化を示すグラフ図、第5図は、可変リラクタンス型ACサーボモータが3相、8極ロータ構造で有る場合のロータ位相電気角と固定子各相のインダクタンス値との関係を示したグラフ図、第6図は、ロータ位相電気角と2つの固定子相におけるインダクタンスとの関係をテーブル化して記憶する場合のテ

ーブルの例を示した図である。

10・・・可変リラクタンス型ACサーボモータ、  
12・・・固定子、12a～12f・・・固定子磁極部、  
14・・・ロータ、14a～14d・・・ロータ突極部、  
16・・・固定子の励磁捲線、16a～16f・・・各相固定子捲線、  
18・・・駆動回路、  
20・・・電流検出器、28・・・記憶手段、30・・・主制御部、32・・・演算手段。

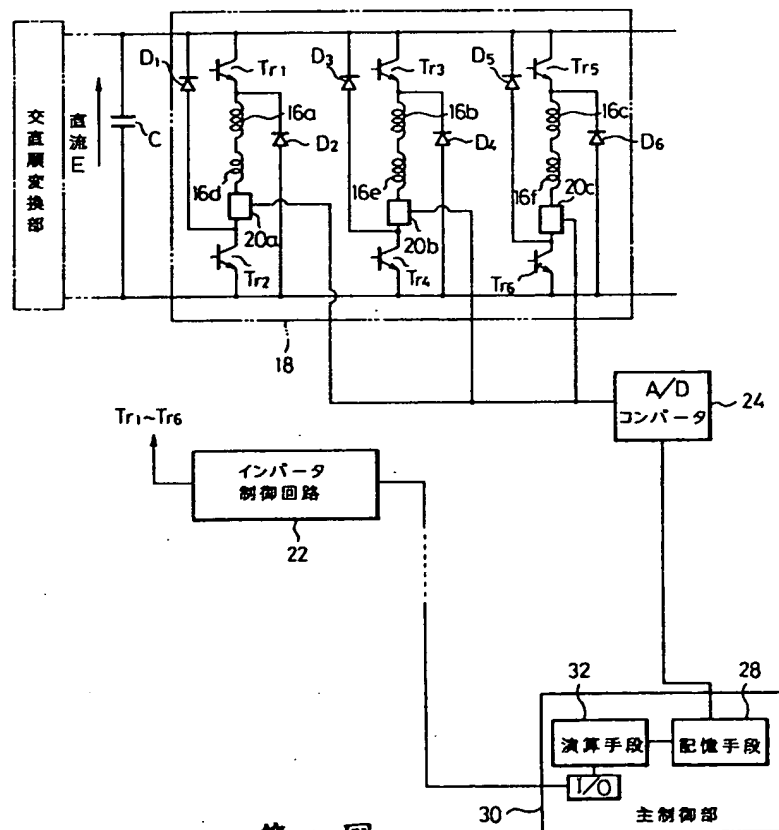
特許出願人

ファナック株式会社

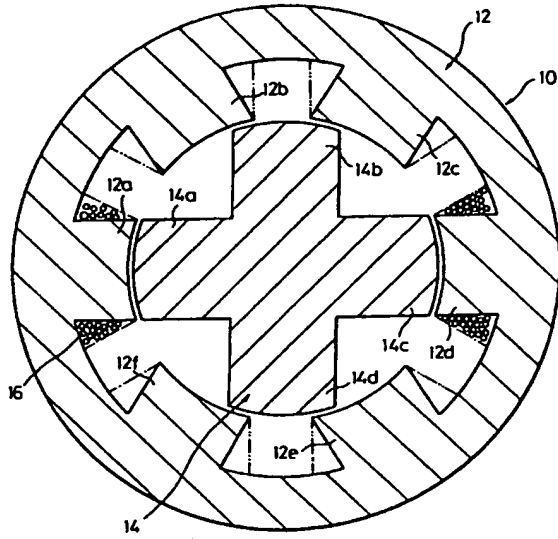
特許出願代理人

弁理士  
弁理士  
弁理士  
弁理士  
弁理士

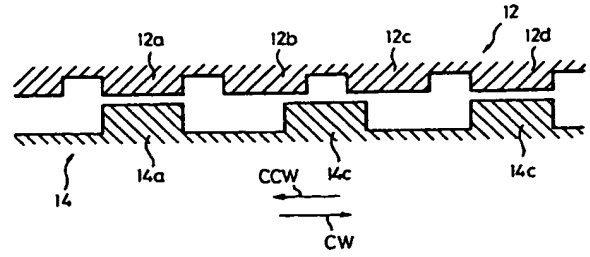
青木 朗  
石田 敬  
中山 恭介  
山口 昭之  
西山 雅也



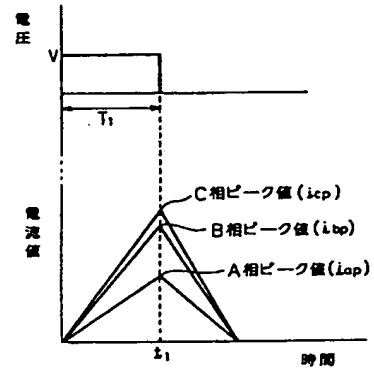
第1図



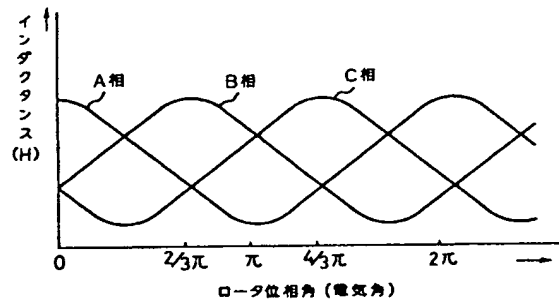
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

ロータ位相角 (電気角)	A相 インダクタンス (L)	B相 インダクタンス (L)
0	-	-
2/3π	-	-
π	-	-
4/3π	-	-
2π	-	-

第 6 図